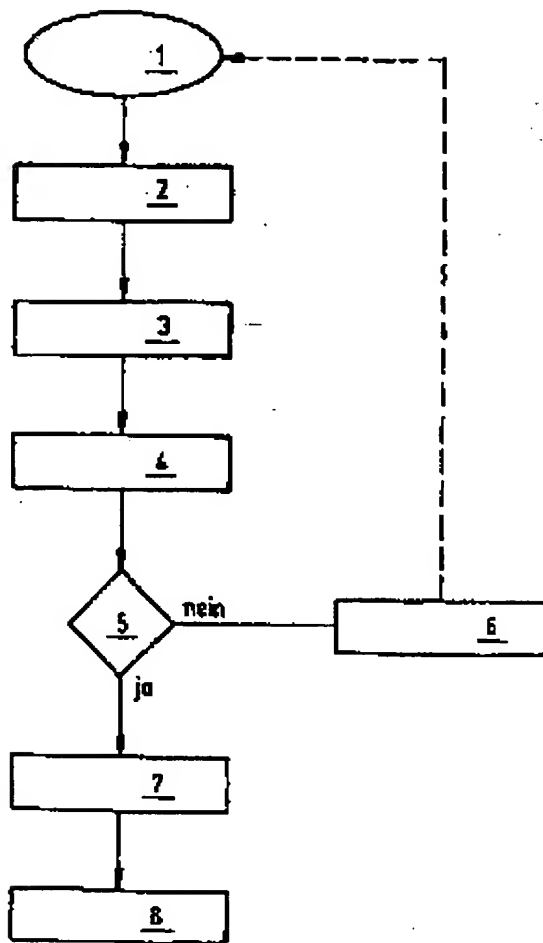


AN: PAT 2001-357108
TI: Procedure for diagnosis of fuel supply system of IC engine
has recording of variation of fuel pressure in system,
formation of frequency spectrum of fuel pressure variation and
analysis thereof
PN: **DE19950222-A1**
PD: 26.04.2001
AB: NOVELTY - A procedure for the diagnosis of a fuel supply
system of an IC engine has the following steps: - recording of
the variation of the fuel pressure in the fuel supply system (2)
; - formation of the frequency spectrum of the fuel pressure
variation; and - analysis of the frequency spectrum (4,5).
DETAILED DESCRIPTION - The analysis of the frequency spectrum
comprises the following steps: - comparison of the variation of
the recorded frequency spectrum with the variation of the
frequency spectrum of a fuel system working in fault-free
fashion; and - should discrepancies between the variations of
frequency spectra be present, classification of the
discrepancies according to the type of fault in the fuel supply
system by which they are generated.; USE - For diagnosis of
fuel supply system of IC engine. ADVANTAGE - Enables a
differentiated diagnosis of a fuel system fault. DESCRIPTION OF
DRAWING(S) - The drawing shows a flow chart of the diagnosis
procedure. fuel supply system 2 frequency spectrum 4,5
PA: (BOSC) BOSCH GMBH ROBERT;
IN: BOCHUM H; FRENZ T;
FA: **DE19950222-A1** 26.04.2001; DE50011078-G 06.10.2005;
WO200129411-A1 26.04.2001; EP1226355-A1 31.07.2002;
KR2002038957-A 24.05.2002; JP2003512566-W 02.04.2003;
US6901791-B1 07.06.2005; EP1226355-B1 31.08.2005;
CO: AT; BE; CH; CY; DE; DK; EP; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT; JP;
KR; LI; LU; MC; NL; PT; SE; US; WO;
DN: JP; KR; US;
DR: AT; BE; CH; CY; DE; DK; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT; LU; MC;
NL; PT; SE; LI;
IC: F02D-041/22; F02M-065/00; G01M-015/00;
MC: X22-A05A;
DC: Q52; Q53; X22;
FN: 2001357108.gif
PR: DE1050222 19.10.1999;
FP: 26.04.2001
UP: 14.10.2005

THIS PAGE BLANK (USPTO)



THIS PAGE BLANK (USPTO)



②① Aktenzeichen: 199 50 222.6
②② Anmeldetag: 19. 10. 1999
④③ Offenlegungstag: 26. 4. 2001

⑦① Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦④ Vertreter:
Dreiss, Fuhlendorf, Steimle & Becker, 70188
Stuttgart

⑦② Erfinder:
Frenz, Thomas, Dr., 86720 Nördlingen, DE; Bochum,
Hansjoerg, Dr., 70771 Leinfelden-Echterdingen, DE

⑥⑥ Entgegenhaltungen:
DE 195 48 279 A1
DE 195 39 885 A1
DE 195 20 300 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

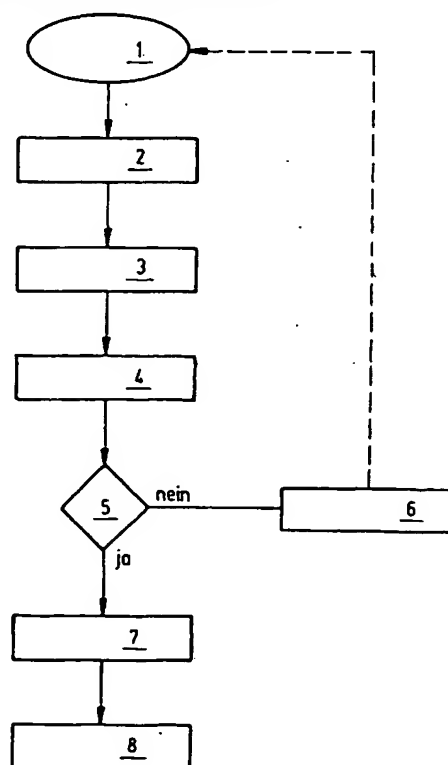
⑤④ Verfahren und Vorrichtung zur Diagnose eines Kraftstoffversorgungssystems

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Diagnose eines Kraftstoffversorgungssystems einer Brennkraftmaschine. Um eine Differenzierung des Fehlers auf einzelne Komponenten des Kraftstoffversorgungssystems zu ermöglichen, wird ein Verfahren vorgeschlagen, das gekennzeichnet ist durch die nachfolgenden Schritte:

- Aufnahme des Verlaufs des Kraftstoffdrucks in dem Kraftstoffversorgungssystem (2);
- Bilden des Frequenzspektrums des Kraftstoffdruckverlaufs (3) und
- Analyse des Frequenzspektrums (4, 5).

Die Analyse des Frequenzspektrums umfasst vorzugsweise die nachfolgenden Schritte:

- Vergleich des Verlaufs des aufgenommenen Frequenzspektrums mit dem Verlauf des Frequenzspektrums eines fehlerfrei arbeitenden Kraftstoffversorgungssystems in diesem Betriebspunkt und,
- falls Abweichungen zwischen den Verläufen der Frequenzspektren vorliegen, Klassifizieren der Abweichungen nach der Art der Fehler in dem Kraftstoffversorgungssystem, durch die sie hervorgerufen werden.



Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Diagnose eines Kraftstoffversorgungssystems einer Brennkraftmaschine.

Ein Kraftstoffversorgungssystem einer Brennkraftmaschine dient dazu, der Brennkraftmaschine Kraftstoff aus einem Kraftstoffbehälter zuzuführen. Der Kraftstoff wird dabei von einer Kraftstoffpumpe aus dem Kraftstoffbehälter über eine Druckleitung zu einem an der Brennkraftmaschine befindlichen Kraftstoffverteiler mit Einspritzventilen gepumpt. An dem Kraftstoffverteiler oder an anderer Stelle in dem Kraftstoffversorgungssystem ist üblicherweise ein Drucksensor angeordnet. Durch den Drucksensor wird der Kraftstoffdruck in dem Kraftstoffversorgungssystem gemessen und an eine Regelung weitergeleitet. Die Regelung hält den Druck in dem Kraftstoffversorgungssystem, insbesondere in dem Kraftstoffverteiler, auf einem vorgegebenen Wert. Die von der Brennkraftmaschine nicht benötigte Kraftstoffmenge wird üblicherweise aus dem Kraftstoffverteiler über eine Rücklaufleitung zurück in den Kraftstoffbehälter geführt.

Das Kraftstoffversorgungssystem kann als ein Hochdruck-Kraftstoffversorgungssystem, insbesondere als ein Common-Rail-Speichereinspritzsystem für eine direkteinspritzende Brennkraftmaschine, ausgebildet sein, bei dem ein Kraftstoffhochdruckspeicher als Kraftstoffverteiler vorgesehen ist. Bei Common-Rail-Speichereinspritzsystemen wird Kraftstoff aus dem Kraftstoffbehälter durch eine als Elektrokraftstoffpumpe ausgebildete Vorförderpumpe zunächst einer nachgeordneten Hochdruckförderpumpe zugeführt. Die Hochdruckförderpumpe fördert den Kraftstoff dann mit einem sehr hohen Druck in den Kraftstoffhochdruckspeicher, von wo aus er über die als Injektoren ausgebildeten Einspritzventile in einen Brennraum der Brennkraftmaschine gelangt. In dem Kraftstoffhochdruckspeicher sind Drucksensoren angeordnet, um den Kraftstoffdruck in dem Kraftstoffhochdruckspeicher für die Regelung des Kraftstoffdrucks zu messen. Ein solches Kraftstoffversorgungssystem ist bspw. aus der DE 195 39 885 A1 bekannt.

Aus dem Stand der Technik ist es bekannt, aus einer Regelabweichung der Regelung des Kraftstoffdrucks in dem Kraftstoffversorgungssystem ganz allgemein einen Fehler des Kraftstoffversorgungssystems abzuleiten. Eine differenzierte Diagnose des Fehlers auf einzelne Komponenten des Kraftstoffversorgungssystems ist nicht möglich. Es wäre jedoch wünschenswert, insbesondere einen Defekt der Kraftstoffpumpe des Kraftstoffversorgungssystems diagnostizieren zu können. Eine defekte Kraftstoffpumpe kann dazu führen, dass der geforderte Kraftstoffdruck in dem Kraftstoffversorgungssystem nicht mehr erreicht werden kann und es damit in bestimmten Betriebspunkten der Brennkraftmaschine zu abgasrelevanten und leistungsrelevanten Fehlern in der Gemischbildung kommt.

Deshalb ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine differenzierte Diagnose eines Fehlers des Kraftstoffversorgungssystems zu ermöglichen.

Zur Lösung dieser Aufgabe schlägt die Erfindung ausgehend von dem Verfahren zur Diagnose eines Kraftstoffversorgungssystems der eingangs genannten Art ein Verfahren vor, das gekennzeichnet ist durch die nachfolgenden Schritte:

- Aufnahme des Verlaufs des Kraftstoffdrucks in dem Kraftstoffversorgungssystem;
- Bilden des Frequenzspektrums des Kraftstoffdruck-

verlaufs; und

- Analyse des Frequenzspektrums.

Der Verlauf des Kraftstoffdrucks in dem Kraftstoffversorgungssystem kann bspw. an Hand eines physikalischen Modells des Kraftstoffversorgungssystems bestimmt werden. Dazu werden dem physikalischen Modell Zustandsgrößen des Kraftstoffversorgungssystems und/oder der Brennkraftmaschine zugeführt, aus denen der Verlauf des Kraftstoffdrucks modelliert wird.

Vorteilhafterweise wird der Kraftstoffdruck in dem Kraftstoffversorgungssystem jedoch mittels eines Drucksensors gemessen. Ein solcher Drucksensor ist üblicherweise in dem Kraftstoffversorgungssystem zum Erfassen des Kraftstoffdrucks für eine Regelung des Kraftstoffdrucks in dem Kraftstoffversorgungssystem bereits vorhanden und kann auch zur Aufnahme des Kraftstoffdruckverlaufs gemäß der vorliegenden Erfindung herangezogen werden.

Zur Diagnose wird das Frequenzspektrum des Kraftstoffdruckverlaufs gebildet. Das Frequenzspektrum wird vorteilhafterweise mittels einer Fouriertransformation des Kraftstoffdruckverlaufs gebildet. Durch die Arbeitsweise der Kraftstoffpumpe in dem Kraftstoffversorgungssystem kommt es zu einem charakteristischen Frequenzspektrum des Kraftstoffdruckverlaufs. Für eine differenzierte Diagnose eines Fehlers des Kraftstoffversorgungssystems wird das Frequenzspektrum analysiert.

Im Einzelnen hat das Frequenzspektrum des Kraftstoffdruckverlaufs in einem fehlerfreien Kraftstoffversorgungssystem einen für das jeweilige Kraftstoffversorgungssystem charakteristischen Verlauf. Bestimmte Fehler des Kraftstoffversorgungssystems verändern den charakteristischen Verlauf des Frequenzspektrums in einer bestimmten Weise. Im Rahmen der Analyse des Frequenzspektrums wird versucht, diese Veränderungen des charakteristischen Verlaufs zu erkennen und aus den Veränderungen auf den verursachenden Fehler zu schließen. Zum Erkennen der Veränderungen des charakteristischen Verlaufs wird das Frequenzspektrum bspw. mit Schwellenwerten verglichen. Ein Anstieg bzw. ein Abfallen der Amplitude des Frequenzspektrums kann durch einen Vergleich mit entsprechenden Amplitudenschwellenwerten erkannt werden. Ebenso kann ein Verschieben von charakteristischen Frequenzanteilen hin zu höheren bzw. niedrigeren Frequenzen durch einen Vergleich mit entsprechenden Frequenzschwellenwerten erkannt werden. Die Verknüpfung einer bestimmten Veränderung des charakteristischen Verlaufs des Frequenzspektrums mit dem verursachenden Fehler kann bspw. mittels eines Expertensystems erfolgen. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist somit eine differenzierte Diagnose eines Fehlers des Kraftstoffversorgungssystems möglich.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung umfasst die Analyse des Frequenzspektrums die nachfolgenden Schritte:

- Vergleich des Verlaufs des aufgenommenen Frequenzspektrums mit dem Verlauf des Frequenzspektrums eines fehlerfrei arbeitenden Kraftstoffversorgungssystems; und
- falls Abweichungen zwischen den Verläufen der Frequenzspektren vorliegen, Klassifizieren der Abweichungen nach der Art der Fehler in dem Kraftstoffversorgungssystem, durch die sie hervorgerufen werden.

Bestimmte Fehler des Kraftstoffversorgungssystems verändern den charakteristischen Verlauf des Frequenzspektrums des Kraftstoffdruckverlaufs in einer definierten Weise. So kann insbesondere ein Fehler der Kraftstoff-

pumpe des Kraftstoffversorgungssystems und bei mehrzylindrigen Kraftstoffpumpen ein Fehler in einem der Pumpenzylinder aus dem Verlauf des aufgenommenen Frequenzspektrums diagnostiziert werden. Der Verlauf des aufgenommenen Frequenzspektrums wird vorzugsweise mit dem Verlauf des Frequenzspektrums eines in diesem Betriebspunkt fehlerfrei arbeitenden Kraftstoffversorgungssystems verglichen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird vor dem Klassifizieren der Abweichungen nach der Art der Fehler die Erheblichkeit der Abweichungen beurteilt. Geringe Abweichungen des charakteristischen Verlaufs des Frequenzspektrums, die ihre Ursache in Temperaturschwankungen oder in Toleranzen des Kraftstoffversorgungssystems haben können, bleiben somit unberücksichtigt. Nur solche Abweichungen, die als erheblich beurteilt werden, werden bei der Diagnose des Kraftstoffversorgungssystems berücksichtigt.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird bei einem Kraftstoffversorgungssystem, in dem eine n-Zylinder-Kraftstoffpumpe mit einer bestimmten Grundfrequenz angeordnet ist, vorgeschlagen, dass bei einem Absinken der Amplitude des Frequenzanteils der n-fachen Grundfrequenz der Kraftstoffpumpe die Abweichung als von einem Fehler der Kraftstoffpumpe hervorgeufen klassifiziert wird. Bei einer n-Zylinder-Kraftstoffpumpe, insbesondere bei einer n-Zylinder-Hochdruckförderpumpe eines Common-Rail-Speichereinspritzsystems einer direkteinspritzenden Brennkraftmaschine, entstehen beim Betrieb der Kraftstoffpumpe Druckpulsationen mit der n-fachen Grundfrequenz eines Arbeitsspiels. Durch die Aufnahme des Verlaufs des Kraftstoffdrucks und das Bilden des Frequenzspektrums des Kraftstoffdruckverlaufs ist in dem Verlauf des Frequenzspektrums deutlich ein Frequenzanteil bei der n-fachen Grundfrequenz der Kraftstoffpumpe zu erkennen. Falls die Amplitude des Frequenzanteils der n-fachen Grundfrequenz der Kraftstoffpumpe absinkt, ist dies ein sicheres Zeichen für das Vorliegen eines Fehlers der Kraftstoffpumpe. Durch eine Auswertung des Frequenzspektrums bei der n-fachen Grundfrequenz der Kraftstoffpumpe kann somit eine differenzierte Diagnose von Fehlern des Kraftstoffversorgungssystems dahingehend durchgeführt werden, dass zwischen Fehlern der Kraftstoffpumpe und sonstigen Fehlern des Kraftstoffversorgungssystems unterschieden wird.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass bei einer Zunahme der Amplitude des Frequenzanteils der 1-fachen Grundfrequenz der Kraftstoffpumpe die Abweichung als von einem Fehler eines der Pumpenzylinder der Kraftstoffpumpe hervorgerufen klassifiziert wird. In dem charakteristischen Verlauf des Frequenzspektrums eines fehlerfrei arbeitenden Kraftstoffversorgungssystems ist bei der Grundfrequenz der Kraftstoffpumpe lediglich ein Frequenzanteil mit einer relativ geringen Amplitude zu erkennen. Falls zusätzlich zu einem Absinken der Amplitude des Frequenzanteils bei der n-fachen Grundfrequenz der Kraftstoffpumpe der Frequenzanteil bei der Grundfrequenz der Kraftstoffpumpe ansteigt, ist dies ein sicheres Zeichen dafür, dass ein Fehler eines der Pumpenzylinder der Kraftstoffpumpe vorliegt.

Vorteilhafterweise wird das Absinken oder die Zunahme der Amplitude des Frequenzanteils an Hand von Amplitudenschwellen ermittelt, die unterschritten bzw. überschritten werden. Die Amplitudenschwellenwerte sind üblicherweise abhängig von der Last und der Drehzahl der Kraftstoffpumpe des Kraftstoffversorgungssystems, d. h. die Analyse des Frequenzspektrums sollte sowohl last- als auch dreh-

zahlabhängig durchgeführt werden. Um einen Gleichanteil in dem aufgenommenen Frequenzspektrum zu vermeiden, wird gemäß einer anderen bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung vorgeschlagen, dass vor der Analyse des Frequenzspektrums der Mittelwert des aufgenommenen Kraftstoffdrucks subtrahiert wird.

Als weitere Lösung der vorliegenden Aufgabe schlägt die Erfindung ausgehend von der Vorrichtung zur Diagnose eines Kraftstoffversorgungssystems der eingangs genannten Art vor, dass die Vorrichtung Mittel zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 aufweist.

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird im Folgenden an Hand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Ablaufdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß einer bevorzugten Ausführungsform;

Fig. 2 den Verlauf des aufgenommenen Kraftstoffdrucks;

Fig. 3 den Verlauf des Frequenzspektrums eines fehlerfrei arbeitenden Kraftstoffversorgungssystems; und

Fig. 4 den Verlauf des Frequenzspektrums eines Kraftstoffversorgungssystems, in dem eine defekte Kraftstoffpumpe arbeitet.

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Diagnose eines Kraftstoffversorgungssystems einer Brennkraftmaschine. Bei Fehlern des Kraftstoffversorgungssystems erlaubt das erfindungsgemäße Verfahren eine Differenzierung des Fehlers auf einzelne Komponenten des Kraftstoffversorgungssystems. Insbesondere kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ein Fehler einer Kraftstoffpumpe des Kraftstoffversorgungssystems diagnostiziert werden.

Das Kraftstoffversorgungssystem, bei dem das erfindungsgemäße Verfahren eingesetzt wird, ist vorzugsweise als ein Common-Rail-Speichereinspritzsystem einer direkt einspritzenden Brennkraftmaschine ausgebildet. Bei Common-Rail-Speichereinspritzsystemen wird Kraftstoff aus einem Kraftstoffbehälter durch eine als Elektrokraftstoffpumpe ausgebildete Vorförderpumpe zunächst einer nachgeordneten Hochdruckförderpumpe zugeführt. Die Hochdruckförderpumpe fördert den Kraftstoff mit einem sehr hohen Druck in einen Kraftstoffhochdruckspeicher, von wo aus er über Injektoren in einen Brennraum der Brennkraftmaschine gelangt. Die von der Brennkraftmaschine nicht benötigte Kraftstoffmenge strömt üblicherweise durch den Kraftstoffhochdruckspeicher über eine Rücklaufleitung zurück in den Kraftstoffbehälter. In dem Kraftstoffhochdruckspeicher ist ein Hochdrucksensor angeordnet, der den Kraftstoffdruck in dem Kraftstoffhochdruckspeicher misst und einer Hochdruckregelung zuführt, die den Kraftstoffdruck in dem Kraftstoffhochdruckspeicher auf einen vorgegebenen Wert regelt.

In einem Funktionsblock 1 in Fig. 1 wird das erfindungsgemäße Verfahren gestartet. Zunächst wird in einem Funktionsblock 2 mittels des Hochdrucksensors der in dem Kraftstoffhochdruckspeicher herrschende Kraftstoffdruck gemessen. Die Aufnahme des Verlaufs des Kraftstoffdrucks kann kontinuierlich, zu regelmäßigen Zeitpunkten oder zu ausgewählten Zeitpunkten erfolgen.

In einem Funktionsblock 3 wird das Frequenzspektrum des gemessenen Kraftstoffdruckverlaufs gebildet. Das Frequenzspektrum wird bspw. mittels einer Fouriertransformation gebildet. Anschließend wird das Frequenzspektrum analysiert. Dazu wird in einem Funktionsblock 4 zunächst der Frequenzanteil der n-fachen Grundfrequenz der Kraftstoffpumpe mit einem drehzahlabhängigen Amplitudenschwellenwert verglichen. Des Weiteren wird der Frequenzanteil der Grundfrequenz der Kraftstoffpumpe mit einem weiteren drehzahlabhängigen Amplitudenschwellenwert verglichen.

Im Einzelnen wird in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel eine Diagnose eines Common-Rail-Speichereinspritzsystems durchgeführt, in dem eine 3-Zylinder-Hochdruckförderpumpe arbeitet. Beim Einsatz der 3-Zylinder-Hochdruckförderpumpe entstehen Druckpulsationen mit der 3-fachen Grundfrequenz eines Arbeitsspiels. Die Druckpulsationen sind in dem Frequenzspektrum des Kraftstoffdruckverlaufs bei der 3-fachen Grundfrequenz der Hochdruckförderpumpe mit einem Frequenzanteil mit relativ großer Amplitude zu erkennen. Ein Fehler der Hochdruckförderpumpe führt zu einem Absinken der Amplitude dieses Frequenzanteils, der ermittelt wird. Des Weiteren führt ein Fehler eines der Pumpenzylinder der Hochdruckförderpumpe zusätzlich zu einem Anstieg der Amplitude des Frequenzanteils bei der Grundfrequenz der Hochdruckförderpumpe.

Das Absinken oder die Zunahme der Amplituden dieser Frequenzanteile kann an Hand von Amplitudenschwellen ermittelt werden, die unterschritten bzw. überschritten werden. Dazu wird in einem Abfrageblock 5 überprüft, ob der Verlauf des Frequenzspektrums bei der 1-fachen bzw. der 3-fachen Grundfrequenz der Hochdruckförderpumpe oberhalb bzw. unterhalb einer vorgegebenen Amplitudenschwelle ist. Falls nein, ist die Hochdruckförderpumpe in Ordnung (Funktionsblock 6) und das erfindungsgemäße Verfahren kehrt zu dem Funktionsblock 1 zurück. Die gestrichelte Linie zwischen dem Funktionsblock 6 und dem Funktionsblock 1 soll verdeutlichen, dass das Verfahren gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel nicht kontinuierlich, sondern zyklisch oder getriggert aufgerufen wird.

Falls das Frequenzspektrum aufgenommenen Kraftstoffdruckverlaufs Abweichungen aufweist, die bei der 1-fachen bzw. bei der 3-fachen Grundfrequenz der Hochdruckförderpumpe die vorgegebenen Amplitudenschwellen überschreiten bzw. unterschreiten, ist die Hochdruckförderpumpe defekt (Funktionsblock 7). In einem Funktionsblock 8 wird dann ein Fehlerspeicher gesetzt.

In Fig. 2 ist der gemessene Verlauf des Kraftstoffdrucks in dem Kraftstoffhochdruckspeicher über einen Zeitraum von 0,5 Sekunden dargestellt. Der Kraftstoffdruck wurde bei einer Drehzahl der Brennkraftmaschine von 2080 U/min gemessen. Die Grundfrequenz des Arbeitsspiels der 3-Zylinder-Hochdruckförderpumpe des Common-Rail-Speichereinspritzsystems beträgt 17,3 Hz.

In Fig. 3 ist das Frequenzspektrum des gemessenen Kraftstoffdruckverlaufs aus Fig. 2 dargestellt. Deutlich ist der Frequenzanteil der Hochdruckförderpumpe mit 3-facher Grundfrequenz (52 Hz) und der Frequenzanteil der Einspritzungen (4-Zylinder-Brennkraftmaschine, 69 Hz) zu erkennen. Bei der 1-fachen Grundfrequenz (17,3 Hz) ist kein auffälliger Frequenzanteil zu erkennen.

In Fig. 4 ist das Frequenzspektrum des gemessenen Kraftstoffdrucks bei einer defekten Hochdruckförderpumpe dargestellt. Durch die defekte Hochdruckförderpumpe sinkt der Wirkungsgrad der Kraftstoffpumpe, was zu einem Absinken der Amplitude des Frequenzanteils bei der 3-fachen Grundfrequenz führt. Die Amplitude ist von knapp 300 (Fig. 3) auf etwa 120 (Fig. 4) abgesunken. Ist nur ein einzelner Pumpenzylinder der Hochdruckförderpumpe defekt, sinkt die Amplitude des Frequenzanteils der 3-fachen Grundfrequenz ebenfalls. Zusätzlich kommt zu dem Frequenzspektrum ein Frequenzanteil bei der 1-fachen Grundfrequenz der Hochdruckförderpumpe hinzu. Die Amplitude dieses Frequenzanteils ist von etwa 20 (Fig. 3) auf über 100 (Fig. 4) angestiegen.

gunssystem einer Brennkraftmaschine, **gekennzeichnet durch** die nachfolgenden Schritte:

- Aufnahme des Verlaufs des Kraftstoffdrucks in dem Kraftstoffversorgungssystem (2);
- Bilden des Frequenzspektrums des Kraftstoffdruckverlaufs (3); und
- Analyse des Frequenzspektrums (4, 5).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Analyse des Frequenzspektrums die nachfolgenden Schritte umfasst:

- Vergleich des Verlaufs des aufgenommenen Frequenzspektrums mit dem Verlauf des Frequenzspektrums eines fehlerfrei arbeitenden Kraftstoffversorgungssystems; und
- falls Abweichungen zwischen den Verläufen der Frequenzspektren vorliegen, Klassifizieren der Abweichungen nach der Art der Fehler in dem Kraftstoffversorgungssystem, durch die sie hervorgerufen werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Kraftstoffdruck in dem Kraftstoffversorgungssystem mittels eines Drucksensors gemessen wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Klassifizieren der Abweichungen nach der Art der Fehler die Erheblichkeit der Abweichungen beurteilt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Frequenzspektrum des Kraftstoffdruckverlaufs mittels einer Fouriertransformation des Kraftstoffdruckverlaufs gebildet wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, wobei in dem Kraftstoffversorgungssystem eine n-Zylinder-Kraftstoffpumpe mit einer bestimmten Grundfrequenz angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Absinken der Amplitude des Frequenzanteils der n-fachen Grundfrequenz der Kraftstoffpumpe die Abweichung als von einem Fehler der Kraftstoffpumpe hervorgerufen klassifiziert wird (4).

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Zunahme der Amplitude des Frequenzanteils der 1-fachen Grundfrequenz der Kraftstoffpumpe die Abweichung als von einem Fehler eines der Pumpenzylinder der Kraftstoffpumpe hervorgerufen klassifiziert wird (4).

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Absinken oder die Zunahme der Amplitude des Frequenzanteils anhand von Amplitudenschwellen ermittelt wird, die unterschritten bzw. überschritten werden (5).

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass vor der Analyse des Frequenzspektrums der Mittelwert des aufgenommenen Kraftstoffdrucks subtrahiert wird.

10. Vorrichtung zur Diagnose eines Kraftstoffversorgungssystems einer Brennkraftmaschine, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung Mittel zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 aufweist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

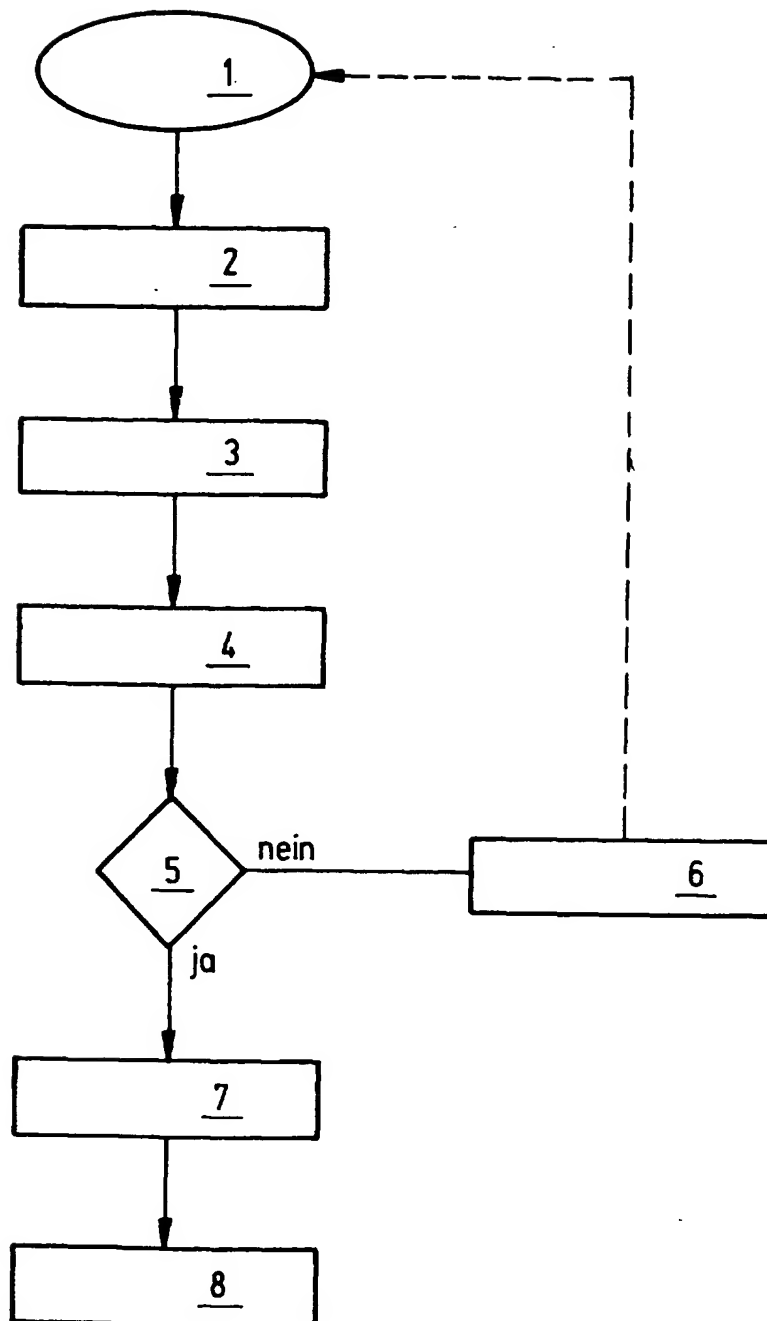


Fig.1

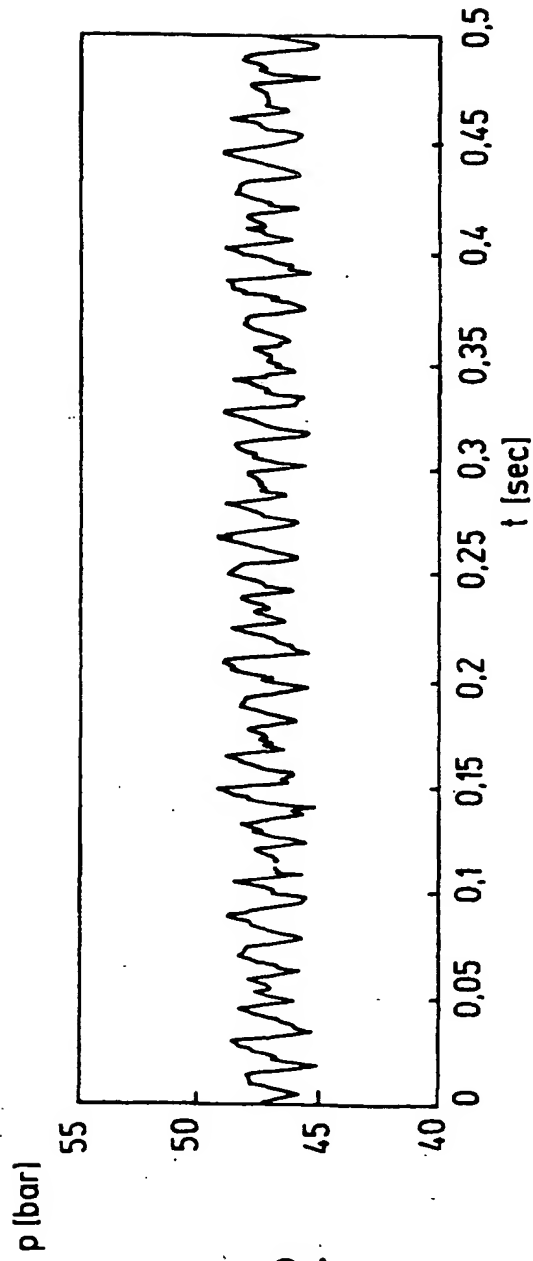


Fig.2

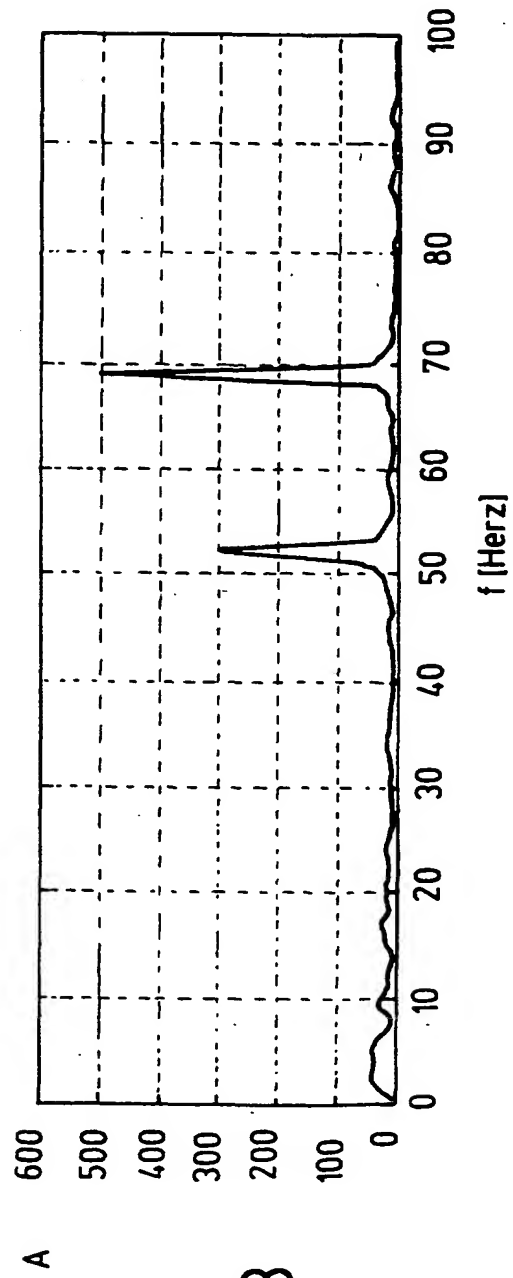


Fig.3

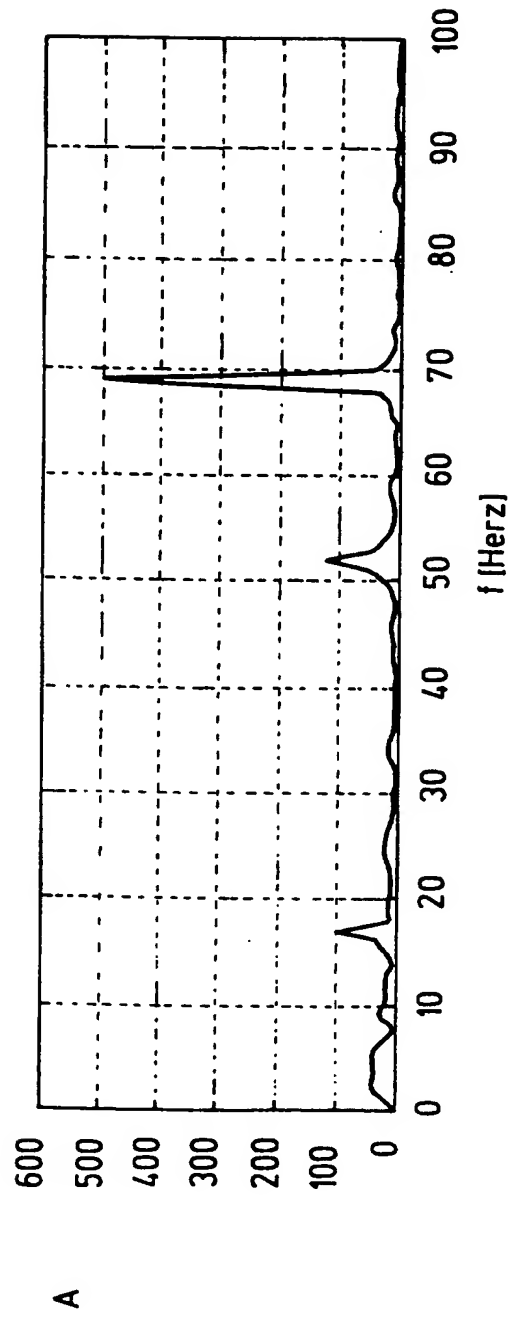


Fig.4